

# BF100 – linuksowy ARMputer, część 1

## AVT-5128

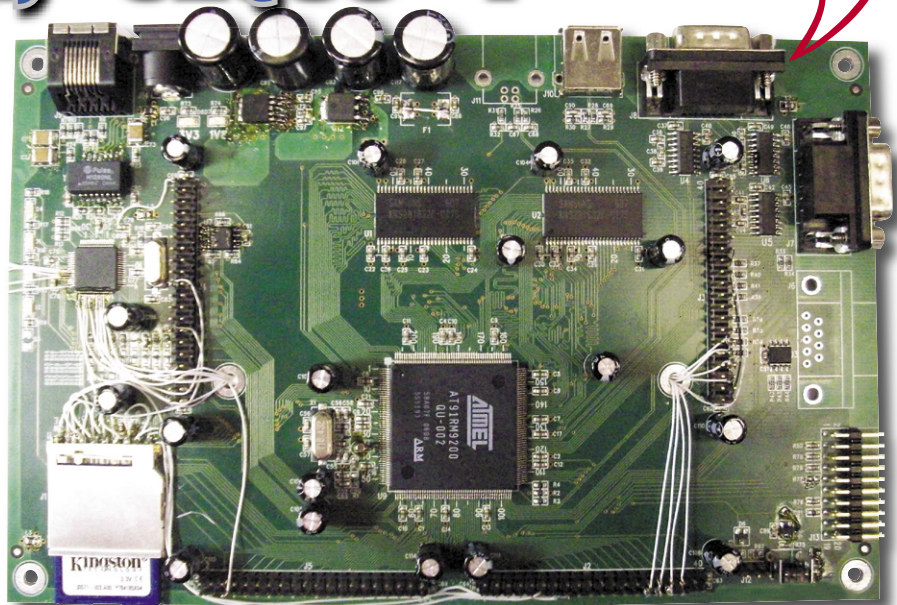
PROJEKT  
Z OKŁADKI

Prezentowany w artykule ARMputer, jest największym systemem mikroprocesorowym, jaki był dotychczas prezentowany na łamach EP. W poprzednich wydaniach EP pokazaliśmy jak powstawała płytko drukowana do niego, teraz przedstawimy opis projektu oraz jego uruchomienie w warunkach domowych.

### Rekomendacje:

opisany w artykule komputer jest dobrze wyposażoną platformą sprzętową, dla której przygotowaliśmy implementację systemu operacyjnego Linux.

Jego wykorzystanie przynosi programistów w świat aplikacji innych pisanych „wprost” na mikrokontrolery. Jeszcze kilka lat temu takie możliwości można było zakwalifikować do kategorii opowiadań science-fiction.



### Budowa AT91RM9200

Układ AT91RM9200 jest zaawansowanym 32-bitowym mikroprocesorem z rdzeniem ARM920T. Jego jednostka centralna zawiera wiele rozwiązań znanych z „dużych” mikroprocesorów, do których możemy zaliczyć jednostkę zarządzania pamięcią MMU (Memory Management Unit) pamięć cache dla instrukcji (I-CACHE) oraz danych (D-CACHE) o pojemności po 16 kB każda. Pamięć ta pozwala przyspieszyć działanie mikroprocesora, ponieważ w przypadku wykonywania sekwencyjnego kodu procesor nie musi się odwoływać cały czas do stosunkowo wolnej pamięci SDRAM.

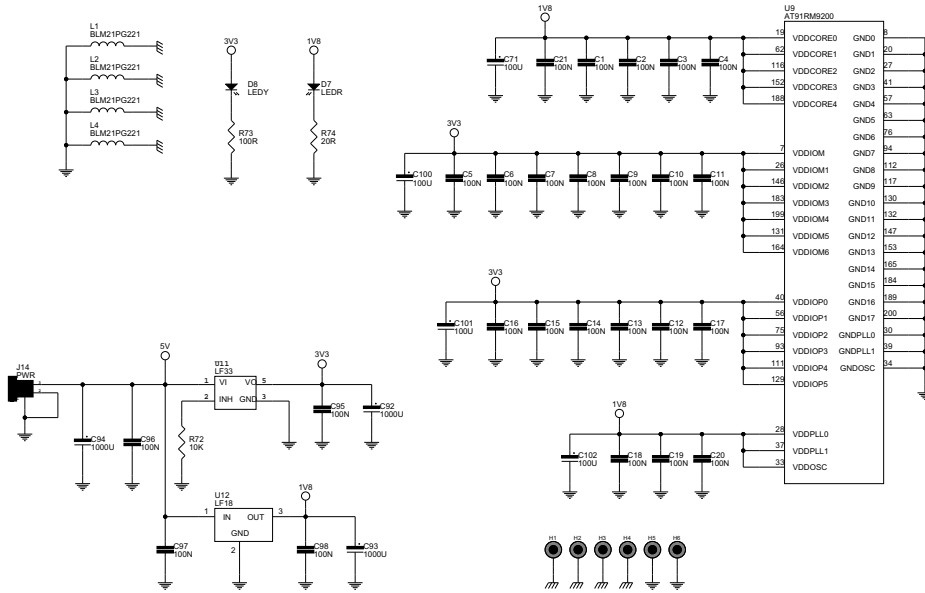
Bezpośrednio z rdzeniem są również związane interfejsy ETM oraz JTAG, służące do uruchamiania aplikacji oraz kontroler pamięci umożliwiający sterowanie zewnętrznymi pamięciami SDRAM, Flash oraz SRAM. Pracę rdzenia wspomaga kontroler bezpośredniego dostępu do pamięci DMA (Direct Memory Access), który odciąża procesor podczas blokowego transferu danych w pamięci, czy pomiędzy pamięcią, a układami peryferyjnymi. Do obsługi przerwań służy specjalizowany kontroler AIC (Advanced Interrupt Controller), który zapewnia aż 8 poziomów priorytetów przerwań i jest odpowiedzialny za obsługę przerwań IRQ oraz FIQ.

Do innych układów peryferyjnych praktycznie nie spotykanych w zwykłych mikrokontrolerach należy kontroler hosta USB w wersji 1.1, który umożliwia dołączanie powszechnie dostępnych urządzeń USB z komputerów PC. Blok generacji sygnału zegarowego zbudowano na bazie rezonatora kwarcowego wytwarzającego sygnał taktujący oraz dwie pętle PLL umożliwiające powielenie częstotliwości sygnału zegarowego. Jedną z tych pętli jest najczęściej wykorzystywana do generowania sygnału taktującego dla rdzenia mikroprocesora, natomiast druga służy do taktowania kontrolerów USB (Host i Device), który wymaga sygnału o częstotliwości równej 48 MHz. Dzięki takiemu rozwiązaniu nie musimy trzymać się sztywno częstotliwości narzuconych przez kontrolery USB, jak ma to miejsce w niektórych mikroprocesorach (np. STR912). Układ posiada również dodatkowy generator, służący do podłączenia kwarcu niskiej częstotliwości 32768 Hz, służącego do taktowania zegara RTC oraz – także! – rdzenia mikroprocesora.

Do układów peryferyjnych służących do komunikacji z otoczeniem możemy zaliczyć kontroler USB umożliwiający dołączenie mikroprocesora do komputera, cztery porty szeregowo RS232, sprzętowy układ I<sup>2</sup>C oraz SPI, trzy bloki uniwersalnych układów transmisji szerego-

### PODSTAWOWE PARAMETRY

- Wymiary płytki: xxxxxxxxxxxx
- Mikroprocesor AT91RM920 (ARM920T)
- 32 MB SDRAM
- 128 kB Data Flash SPI
- Interfejs Ethernet
- 2xRS232 (jeden z kompletem linii)
- Interfejs MMC/SD
- Interfejsy USB-device i USB-host
- Interfejs RS485
- Zasilanie 5 V/800 mA (w tym 500 mA rezerwy dla USB-host)



Rys. 1. Schemat elektryczny komputera – zasilacz

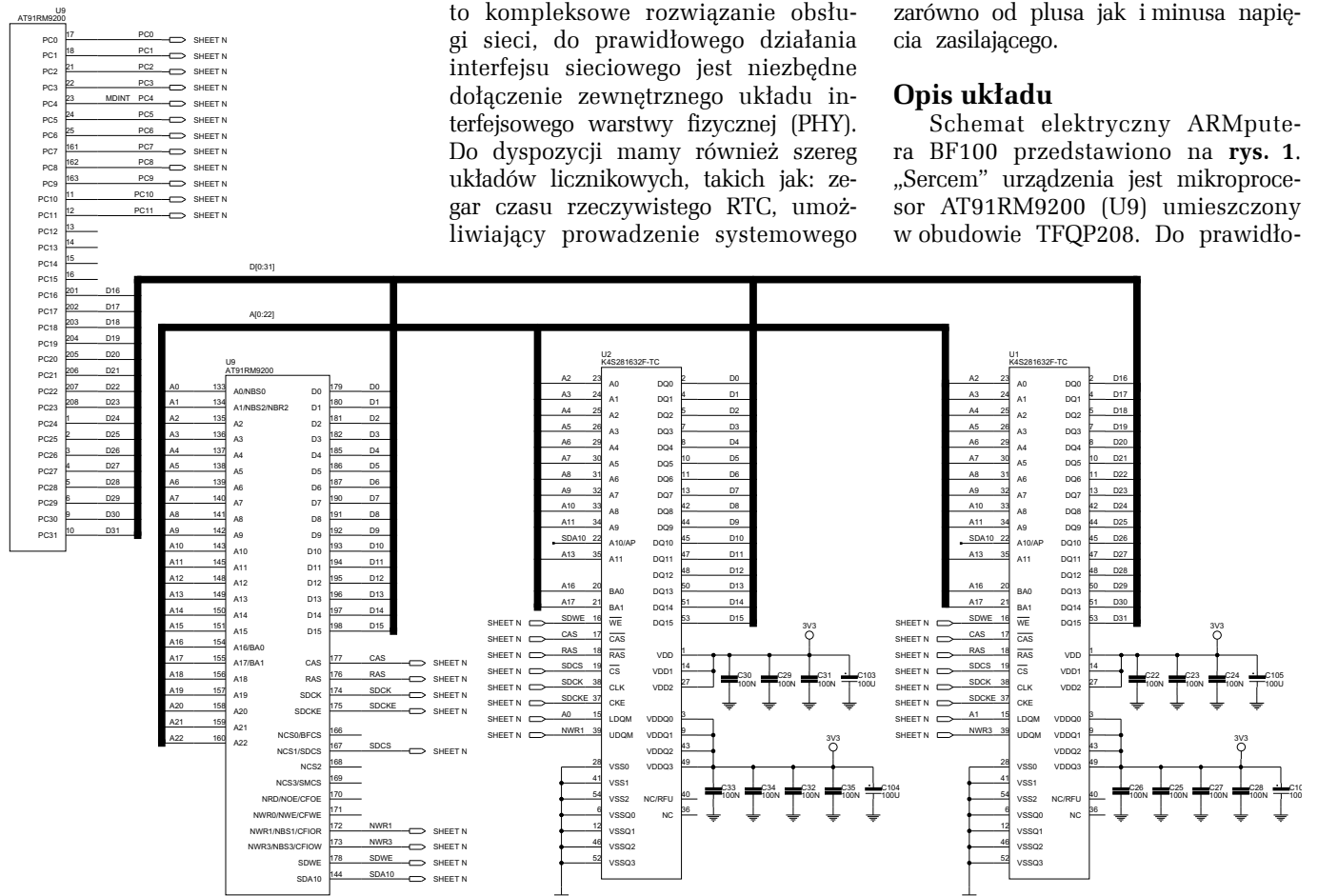
wej SSP, które mogą pracować m.in. w trybach SPI oraz I<sup>2</sup>S oraz kontroler MMC/SD obsługujący karty MMC/SD. Dzięki wykorzystaniu protokołu MMC w trybie 4-przewodowym uzyskujemy dużo większą prędkość transmisji niż

w przypadku tradycyjnego rozwiązania, w którym wykorzystujemy kartę w trybie kompatybilności z protokołem SPI. Do dyspozycji mamy również wbudowany kontroler Ethernet-MAC, który jest standardem w tej klasie układów. Należy tutaj zaznaczyć, że nie jest to kompleksowe rozwiązanie obsługi sieci, do prawidłowego działania interfejsu sieciowego jest niezbędne dołączenie zewnętrznego układu interfejsowego warstwy fizycznej (PHY). Do dyspozycji mamy również szereg układów licznikowych, takich jak: zegar czasu rzeczywistego RTC, umożliwiający prowadzenie systemowego

czasu, układ licznikowy ST umożliwiający generowanie przerwania zegarowego w określonych interwałach czasowych, wykorzystywanych jako główne przerwanie zegarowe systemu operacyjnego oraz 2 szesnastobitowe układy czasowolicznikowe, z których każdy posiada po 3 kanały, które mogą być wykorzystywane do generowania przebiegów o określonej częstotliwości, generowania sygnału PWM, pomiaru częstotliwości lub do generowania przerw w określonych interwałach czasowych. Kontroler PIO (*Programmable Input Output*) służy do sterowania liniami GPIO, a do jego unikatowych cech, praktycznie niespotykanych w innych mikroprocesorach, zalicza się możliwość zgłaszania przerw w wyniku wystąpienia zmiany stanu na dowolnej linii GPIO. Mamy również możliwość indywidualnego włączenia rezystora podciągającego, jeżeli linia pracuje w kierunku wejściowym, natomiast w kierunku wyjściowym wszystkie porty mikroprocesora pracują w trybie *push-pull* i charakteryzują się maksymalną obciążalnością 8 mA, zarówno od plusa jak i minusa napięcia zasilającego.

**Opis układu**

Schemat elektryczny ARMputera BF100 przedstawiono na rys. 1. „Sercem” urządzenia jest mikroprocesor AT91RM9200 (U9) umieszczony w obudowie TFQP208. Do prawidłowo-



Rys. 2. Schemat elektryczny komputera – BF100



wego działania wymaga on dwóch napięć zasilających: o wartości 1,8 V – dla rdzenia oraz 3,3 V – dla pozostałych układów mikroprocesora. Napięcia te są wytwarzane w klasycznym układzie zasilającym zbudowanym z wykorzystaniem dwóch stabilizatorów liniowych LDO: LF33 (U11) oraz LF18 (U12). Sygnał taktujący jest wytwarzany w wewnętrznym oscylatorze, z wykorzystaniem rezonatora kwarcowego X1 (18,432 MHz), który jest

dołączony do linii XIN oraz XOUT mikroprocesora. Do prawidłowego działania układu niezbędna jest również obecność rezonatora kwarcowego o małej częstotliwości X2 (32768 Hz), ponieważ po wyzerowaniu mikroprocesora do taktowania rdzenia jest domyślnie wykorzystywany sygnał z generatora małej częstotliwości. Sygnał ten również służy do taktowania zegara czasu rzeczywistego RTC. Sygnał zerowania systemu NRST, aktywowa-

ny poziomem niskim wytwarzany jest za pomocą specjalizowanego układu zerującego MCP100T-315 (U10). Zadaniem jego jest utrzymywanie systemu w stanie zerowania do momentu osiągnięcia przez napięcie zerujące odpowiedniego poziomu oraz stanu stabilizacji. System może być również wyzerowany przez użytkownika ręcznie za pomocą switcha S1, który jest dołączony również do linii zerującej. Do prawidłowej pracy pętli PLL ko-

R E K L A M A

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

**www.dexon.pl**  
TECHNIKA NAGŁOŚNIENIOWA

**www.maszczyk.pl**  
ZTS MASZCZYK  
05-071 Suljówiek-Miłosna  
ul. Mickiewicza 10  
tel.: (0 22) 783 45 20  
fax: (0 22) 783 90 85  
maszczyk@maszczyk.pl

**LARO** **www.laro.com.pl**  
CZĘŚCI ELEKTRONICZNE

**seguro**  
elektronik  
tel. 032/231 71 00  
ATMEL oraz inne elementy elektroniczne sklep internetowy wysyłka do 24 godz.  
**www.seguro.pl**

**RENEX**  
NARZĘDZIA DLA ELEKTRONIKÓW  
**www.renex.com.pl**

**ZAJRZYJ NA TE STRONY**

WIĘCEJ NIŻ PROFESJONALNA DYSTRYBUCJA  
**M** **www.marthel.pl**  
UKŁADY SCALONE WINBOND, WARYSTORY  
TERMISTORY, KOMPUTERY PRZEMYSŁOWE

**MERSERWIS** aparatura kontrolno pomiarowa, elementy automatyki, serwis  
ul. Gen. Wł. Andersa 10  
00-201 Warszawa  
fax/tel: +48 22 831 42 56 **www.merserwis.pl**

• PODZESPOŁY • KITY AVT • KSIĄŻKI DLA ELEKTRONIKÓW •  
**www.sklep.avt.com.pl**  
• ALARMY • CHEMIA DLA ELEKTRONIKÓW • i wiele innych...

**P** **www.piekarz.pl**  
Hurtownia części elektronicznych  
firma@piekarz.pl tel. 022-835-50-37 fax 022-213-92-82

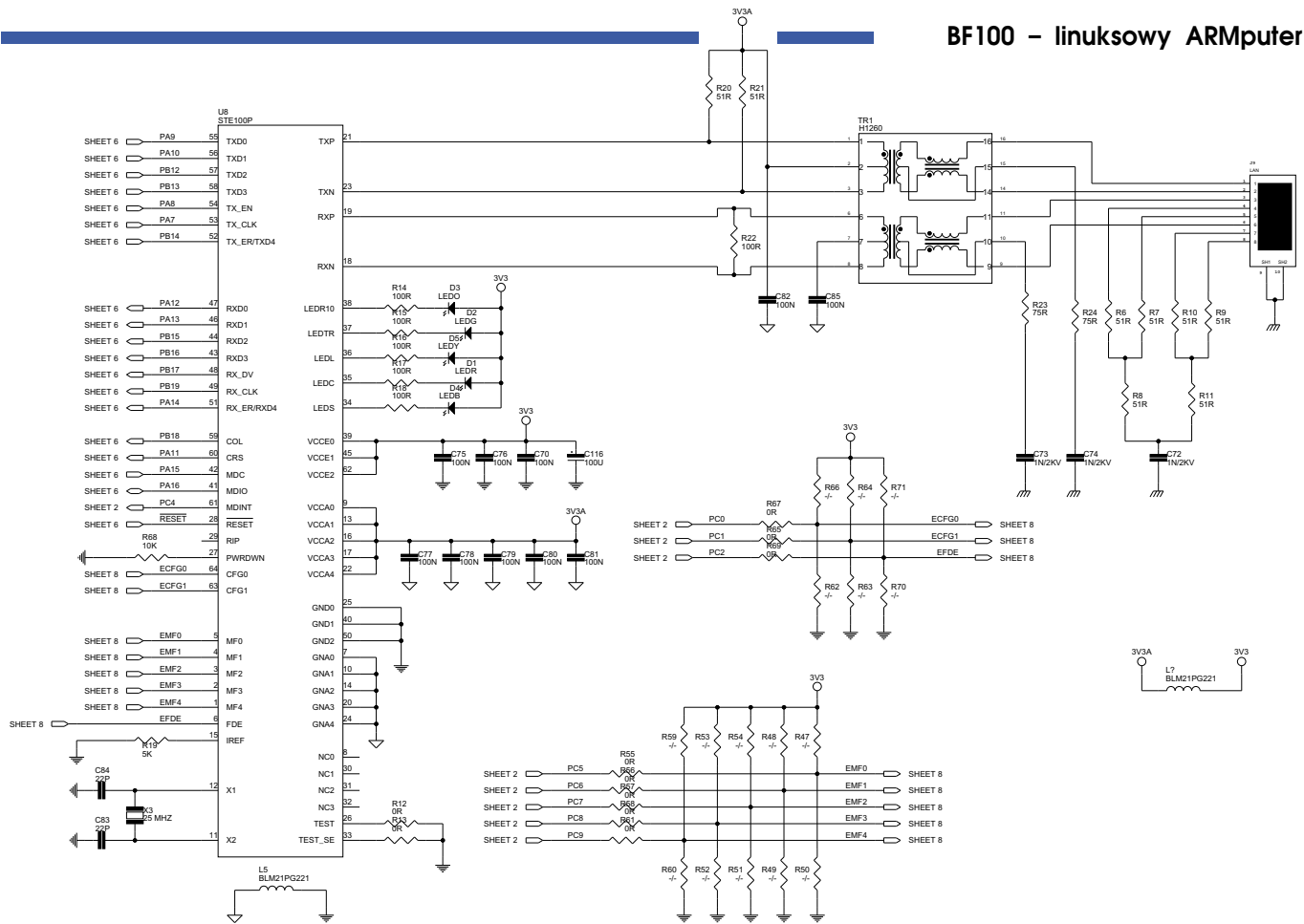
**TONSIL** sklep internetowy  
zestawy hi-fi głośniki **www.e-tonsil.pl**

**Teraz możesz się wyładować...**  
**MATY ANTYSTATYCZNE**  
Maty antystatyczne podłogowe, do zabezpieczenia pomieszczeń ESD:  
- materiał dwuwarstwowy  
- warstwa górna rozpraszająca ładunki elektryczne  
- warstwa dolna elektrycznie przewodząca  
- czas odprowadzenia ładunku <0,01s  
**SEMICON**  
04-761 Warszawa, Zwoleńska 43/43 a  
tel. 022 615 64 31, 022 615 73 71  
info@semicon.com.pl









Rys. 8. Schemat elektryczny komputera – Ethernet

wbudowanie w płytce portu szeregowego RS485, który jest dostępny na złączu J6.

Gniazdo J10 umożliwia dołączenie urządzeń zewnętrznych USB, na przykład pendrive’ów, drukarek, kamer itp. Zgodnie z normą USB złącze musi dostarczać napięcia zasilającego dla urządzeń USB o napięciu 5 V i wydajności prądowej 500 mA. W związku z tym do pierwszego pinu złącza doprowadzono napięcie o wartości 5 V, które zasilają komputer, zabezpieczone bezpiecznikiem polimerowym F1 o wartości 500 mA.

Gniazdo J11 jest wyprowadzeniem złącza USB-device, które za pośrednictwem układu dopasowującego impedancję zostało dołączone do linii DDM oraz DDP mikroprocesora. Wyjście napięcia zasilającego gniazda U11 dołączono do portu PC11, co umożliwia wykrycie dołączenia ARMputera do komputera PC.

Mikroprocesor AT91RM9200 ma wbudowany kontroler Ethernet MAC (*Media Access Control*), zapewniający obsługę warstwy logicznej Ethernet. Komunikuje się on z mostkiem PHY poprzez magistralę MII (*Media Independent Interface*). W ARMputerze zastosowano łatwodostępny (także w sprzedaży detalicznej), do tego tani

układ STE100P (U8). Sygnał zegarowy dla tego układu jest wytwarzany w wewnętrznym oscylatorze z rezonatorem kwarcowym X3 dołączonym do linii X1 oraz X2 układu U8. Do wyprowadzeń U8 oznaczonych symbolami LEDx dołączono diody świecące sygnalizujące stan pracy układu. Diody te sygnalizują, nadawanie i odbieranie ramek, dołączenie układu do sieci oraz dołączenie układu do sieci 100 Mb/s. Linie TXP, TXN oraz RXP, RXN spełniają rolę wyjść różnicowych sygnału Ethernet, które za pomocą układu dopasowującego i transformatora są doprowadzone do gniazda sieciowego J9-LAN. Pozostałe linie I/O,

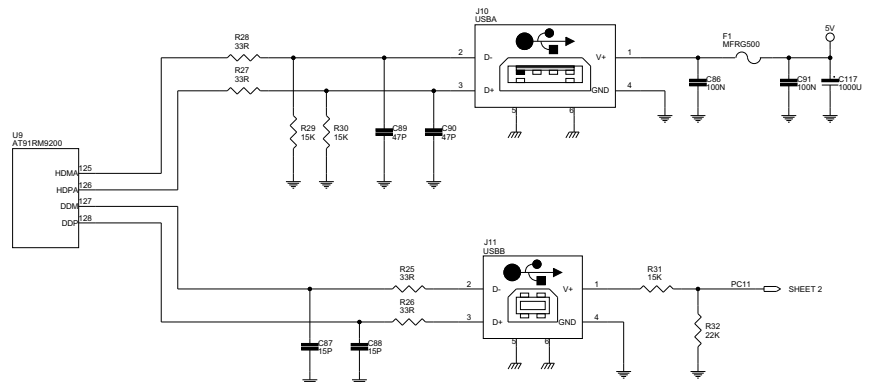
które nie zostały wykorzystane do obsługi układów wewnętrznych, wyprowadzono na złącza szpilkowe J2, J3, J4 i J5 w rastrze 2,54 mm i mogą zostać wykorzystane do dołączenia przez użytkownika zewnętrznej płytki lub innych układów.

**Lucjan Bryndza, EP**  
[lucjan.bryndza@ep.com.pl](mailto:lucjan.bryndza@ep.com.pl)

*Chciałbym podziękować współtwórcom ARMputera BF100:*

*Wojtkowi Zieleźnemu – za opracowanie schematu oraz dobór elementów do projektu,*

*Jerzemu Jurkowskiemu – za projekt PCB, w który włożył wiele godzin pracy.*



Rys. 9. Schemat elektryczny komputera – USB